

**DE10021903**

AK = AE

Patent number: **DE10021903**  
 Publication date: 2001-11-15  
 Inventor: MOSER MARTIN (DE); SCHNECKENBURGER REINHOLD (DE)  
 Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
 Classification:  
 - International: B62D6/00; B62D5/04; B62D5/30  
 - European: B62D5/04  
 Application number: DE20001021903 20000505  
 Priority number(s): DE20001021903 20000505

Also published as:

US6612395 (B2)  
 US2002162700 (A1)  
 GB2361899 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE10021903

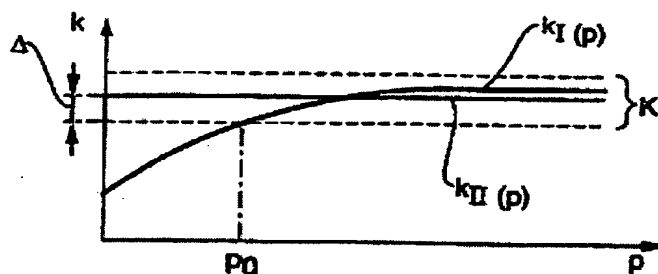


Fig. 2

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

USPS EXPRESS MAIL  
 EV 636 851 522 US  
 JULY 22 2005

AK = AE



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 21 903 A 1

51 Int. Cl. 7:  
B 62 D 6/00  
B 62 D 5/04  
B 62 D 5/30

21 Aktenzeichen: 100 21 903.9  
22 Anmeldetag: 5. 5. 2000  
43 Offenlegungstag: 15. 11. 2001

DE 100 21 903 A 1

71 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Moser, Martin, Dipl.-Ing., 70736 Fellbach, DE;  
Schneckenburger, Reinhold, Dipl.-Ing., 71277  
Rutesheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Lenksystem für ein Fahrzeug

57 Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Fahrzeug mit einer von einem Fahrzeugführer betätigbaren Lenkhandhabe, mit mindestens einem lenkbaren Fahrzeugrad, das in Abhängigkeit von Betätigungen der Lenkhandhabe betätigt wird, mit einer Steuerung, die einen Betrieb des Lenksystems in einer Steer-by-Wire-Ebene und in einer Rückfallebene ermöglicht und die zumindest im Notfall von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene umschaltet, mit einer elektrischen und/oder elektronischen Kopplungseinrichtung, die in der Steer-by-Wire-Ebene die Lenkhandhabe mit dem lenkbaren Fahrzeugrad koppelt, und mit einer hydraulischen und/oder mechanischen Kopplungseinrichtung, die in der Rückfallebene die Lenkhandhabe mit dem lenkbaren Fahrzeugrad koppelt. Um bei einem derartigen Lenksystem die Fahrzeugsicherheit zu erhöhen, wird das Lenksystem so ausgebildet, daß die Kopplung zwischen Lenkhandhabe und lenkbarem Fahrzeugrad in der Steer-by-Wire-Ebene in Abhängigkeit von wenigstens einem ersten Kopplungskoeffizienten und in der Rückfallebene in Abhängigkeit von wenigstens einem zweiten Kopplungskoeffizienten erfolgt, wobei die Kopplungskoeffizienten jeweils als Funktion von wenigstens einem Betriebsparameter des Fahrzeuges und/oder des Lenksystems ausgebildet sind und wobei diese Funktionen so ausgebildet sind, daß eine Differenz zwischen den Kopplungskoeffizienten ab einem Grenzwert des Betriebsparameters kleiner ist als eine Grenzdifferenz.

DE 100 21 903 A 1

USPS EXPRESS MAIL  
EV 636 851 522 US  
JULY 22 2005

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lenksystem für ein Fahrzeug, das zumindest zwei Betriebsebenen aufweist, nämlich eine Steer-by-Wire-Ebene und eine Rückfallebene.

[0002] Ein derartiges Lenksystem ist mit einer von einem Fahrzeugführer betätigbaren Lenkhandhabe, z. B. Lenkhandrad, ausgestattet, an der ein Lenkhandhaben-Winkel einstellbar ist. Außerdem besitzt das mit dem Lenksystem ausgestattete Fahrzeug wenigstens ein lenkbares Fahrzeugrad, an dem in Abhängigkeit von Betätigungen der Lenkhandhabe Fahrzeugrad-Winkel eingestellt werden, wobei entsprechende Stellaggregate vorgesehen sind. Das Lenksystem weist eine Steuerung auf, die einen Betrieb des Lenksystems in der Steer-by-Wire-Ebene und in der Rückfallebene ermöglicht. Im Normalfall betreibt die Steuerung das Lenksystem in der Steer-by-Wire-Ebene, da diese regelmäßig einen komfortableren Lenkbetrieb und Fahrzeugbetrieb ermöglicht. Die Steuerung überprüft permanent die ordnungsgemäße Funktion der Systembestandteile des Lenksystems und schaltet im Notfall von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene um.

[0003] Ein solches Lenksystem weist für seine Steer-by-Wire-Ebene eine elektrische und/oder elektronische Kopplungseinrichtung, z. B. eine Regelstrecke, auf, die im Steer-by-Wire-Betrieb die Lenkhandhabe mit dem lenkbaren Fahrzeugrad koppelt. Für die Rückfallebene ist eine hydraulische und/oder mechanische Kopplungseinrichtung, z. B. eine sogenannte hydraulische Stange oder eine zuschaltbare Lenksäule, vorgesehen, die im Notbetrieb die Lenkhandhabe mit dem lenkbaren Fahrzeugrad koppelt.

[0004] Die Vorzüge einer Steer-by-Wire-Lenkung werden mit Bezug auf den Fahrkomfort vor allem darin gesehen, daß aufgrund der fehlenden oder unwirksamen mechanischen oder hydraulischen Zwangskopplung zwischen Lenkhandhabe und lenkbarem Fahrzeugrad nahezu beliebige Übertragungsfunktionen realisierbar sind. Dabei können diese Übertragungsfunktionen mit Kopplungskoeffizienten beschrieben werden, die von Betriebsparametern des Fahrzeuges bzw. des Lenksystems abhängen. Beispielsweise kann eine Lenkübersetzung als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder des Lenkwinkels ausgebildet sein. Das bedeutet, daß beispielsweise bei kleineren Fahrzeuggeschwindigkeiten eine andere Lenkübersetzung vorliegt als bei höheren Geschwindigkeiten. Ebenso kann bei einem kleineren Lenkwinkel eine andere Lenkübersetzung vorliegen als bei größeren Lenkwinkeln. Außerdem ist es von Vorteil, eine Servounterstützung zur Verminderung der vom Fahrzeugführer beim Einstellen und Halten eines Lenkwinkels an der Lenkhandhabe aufzubringenden Kräfte und Momente als Funktion von wenigstens einem Betriebsparameter des Fahrzeuges, wie z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit und Lenkwinkel, auszubilden. Auf diese Weise kann eine relativ starke Servounterstützung für einen Rangierbetrieb und eine relativ schwache Servounterstützung für einen Fahrbetrieb realisiert werden. Es ist klar, daß diese funktionalen Zusammenhänge der Kopplungskoeffizienten in Abhängigkeit der Betriebsparameter grundsätzlich einen beliebigen sinnvollen Verlauf aufweisen können. Die beispielhaft genannten Kopplungskoeffizienten, nämlich Lenkübersetzung und Servounterstützung, sowie die beispielhaft aufgezählten Betriebsparameter, nämlich Fahrzeuggeschwindigkeit und Lenkwinkel, sind nicht im Sinne einer Beschränkung zu verstehen, vielmehr sind beliebige Kopplungskoeffizienten vorstellbar, die als Funktion von beliebigen Betriebsparametern ausgestaltet sein können.

[0005] Im Unterschied zu diesen vielfältigen Möglichkeiten einer Steer-by-Wire-Lenkung können derartige funktio-

nale Zusammenhänge zwischen Lenkhandhabe und lenkbarem Fahrzeugrad bei einer mechanischen und/oder hydraulischen Zwangskopplung zwischen Lenkhandhabe und lenkbarem Fahrzeugrad nicht oder nur stark eingeschränkt realisiert werden. Diese Komforteinschränkungen können jedoch für einen Notbetrieb in Kauf genommen werden. Bei einem Lenksystem der eingangs genannten Art liegen somit zwei grundsätzlich unterschiedliche funktionale Zusammenhänge zwischen Lenkhandhabe und lenkbarem Fahrzeugrad vor, nämlich einerseits für die Steer-by-Wire-Ebene und andererseits für die Rückfallebene. Wenn nun die Steuerung im Notfall von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene umschaltet, kann es bei einem Kopplungskoeffizienten z. B. Lenkübersetzung oder Servounterstützung, zu einem Sprung im funktionalen Zusammenhang kommen, der sich nachteilig auf die Fahrzeugsicherheit auswirken kann.

[0006] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für ein Lenksystem der eingangs genannten Art eine Ausführungsform anzugeben, die eine verbesserte Fahrzeugsicherheit gewährleistet.

[0007] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch ein Lenksystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die grundsätzlich unterschiedlichen funktionalen Zusammenhänge zwischen Lenkhandhabe und lenkbarem Fahrzeugrad einerseits bei der Steer-by-Wire-Ebene und andererseits bei der Rückfallebene so aneinander anzugleichen, daß die Kopplungskoeffizienten ab einem bestimmten Grenzwert des Betriebsparameters so nahe beieinander liegen, daß ein Umschalten zwischen den Betriebsebenen des Lenksystems nur einen kleinen tolerierbaren oder keinen Sprung in der Abhängigkeit zwischen Kopplungskoeffizienten und Betriebsparameter erzeugt. Somit kann eine Differenz zwischen dem Kopplungskoeffizienten der Steer-by-Wire-Ebene und dem Kopplungskoeffizienten der Rückfallebene unterhalb des genannten Grenzwerts für den Betriebsparameter relativ groß sein, während diese Differenz oberhalb des genannten Grenzwerts erfindungsgemäß relativ klein ist. Die Größe dieser Differenz wird dabei durch eine vorbestimmte Grenzdifferenz definiert. Auf diese Weise können gefährliche Fahrsituationen beim Umschalten in die Rückfallebene vermieden werden, wodurch sich die Fahrzeugsicherheit erhöht.

[0009] Beispielsweise können eine Lenkübersetzung zwischen Lenkhandhaben-Winkel und Fahrzeugrad-Winkel und/oder eine Servounterstützung zur Verminderung der vom Fahrzeugführer beim Einstellen und Halten eines Lenkwinkels an der Lenkhandhabe aufzubringenden Kräfte bzw. Momente jeweils einen solchen Kopplungskoeffizienten bilden, der als Funktion von wenigstens einem Betriebsparameter des Fahrzeuges bzw. des Lenksystems ausgebildet ist. Bevorzugt werden funktionale Zusammenhänge mit der Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder der Fahrzeugbeschleunigung und/oder dem Lenkwinkel als Betriebsparameter des Fahrzeuges. Auf diese Weise kann beispielsweise die Lenkübersetzung als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit dargestellt werden.

[0010] Zweckmäßigerweise kann die oberhalb des Grenzwerts zwischen den Kopplungskoeffizienten herrschende Grenzdifferenz so klein gewählt werden, daß ein Sprung des Kopplungskoeffizienten beim Umschalten zwischen Steer-by-Wire-Ebene und Rückfallebene zwar eine vom Fahrzeugführer z. B. an der Lenkhandhabe spürbare Störung verursacht, die jedoch innerhalb eines beim üblichen Fahrbetrieb des Fahrzeuges zulässigen Toleranzbereichs liegt. Auch beim üblichen Fahrbetrieb kann es zu Störungen kommen, wenn beispielsweise eine Fahrbahnunebenheit über-

fahren wird, was jedoch regelmäßig zu einer vom Fahrzeugführer beherrschbaren Fahrsituation führt. Das Maß der durch den Sprung des Kopplungskoeffizienten verursachten Störung wird bei dieser Variante daher regelmäßig so bemessen sein, daß sie vom Fahrzeugführer beherrschbar ist. Bevorzugt wird jedoch eine Ausführungsform, bei der die Grenzdifferenz etwa oder genau den Wert Null aufweist. Das Umschalten von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene erfolgt dann ohne Sprung im Verlauf des Kopplungskoeffizienten, so daß an der Lenkhandhabe keine Störung spürbar wird. Die Gefahr einer kritischen Fahrsituation wird dadurch nochmals reduziert.

[0011] Bei einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Lenksystems kann die Steuerung beim Grenzwert des Betriebsparameters unabhängig von einem Notfall von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene umschalten. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß ein gezieltes Umschalten in die Rückfallebene dann erfolgt, wenn aufgrund der herrschenden Betriebszustände und aufgrund der vorliegenden Betriebsparameter keine Gefahrensituation entstehen kann. Wenn dann oberhalb des Grenzwertes bei einem kritischen Betriebsparameter ein Notfall auftritt, wird das Lenksystem bereits in seiner Rückfallebene betrieben, so daß kein Umschaltvorgang erforderlich ist, wodurch ein kritischer Sprung im Verlauf des jeweiligen Kopplungskoeffizienten vermieden wird. Beispielsweise kann das Lenksystem so ausgebildet sein, daß ab einer bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeit stets die Rückfallebene vorliegt.

[0012] Bei einer anderen Ausführungsform können mehrere Grenzwerte mit zunehmender Größe vorhanden sein, denen Grenzdifferenzen mit abnehmender Größe zugeordnet sind. Auf diese Weise kann beispielsweise eine Ausführungsform realisiert werden, bei der die Kopplungskoeffizienten der Steer-by-Wire-Ebene und der Rückfallebene bei einer relativ kleinen Geschwindigkeit eine relativ große Differenz aufweisen, bei einer mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit eine relativ kleine Differenz besitzen und bei größeren Fahrzeuggeschwindigkeiten etwa gleich groß sind.

[0013] Insbesondere kann durch den Grenzwert des Betriebsparameters ein Rangierbetrieb von einem Fahrbetrieb getrennt werden, wodurch sich ein besonders komfortables Lenkverhalten für das Fahrzeug ergibt.

[0014] Gemäß einer anderen Ausführungsform kann das Lenksystem mit Mitteln zur Durchführung von Lenkungs-eingriffen ausgestattet sein, wobei diese Mittel unabhängig vom Fahrzeugführer, jedoch abhängig von Fahrsituationen Lenkeingriffe zur Stabilisierung des Fahrzeuges erzeugen. Bei einem derartigen Lenksystem erfolgen diese Lenkeingriffe ab dem Grenzwert des Betriebsparameters so, daß die Grenzdifferenz zwischen den Kopplungskoeffizienten eingehalten wird. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß ein Notfall und somit das damit verbundene Umschalten auf die Rückfallebene auch dann keine unbeherrschbare Fahrsituation erzeugt, wenn dies genau zu einem Zeitpunkt stattfindet, zu dem die genannten Mittel einen Lenkungeingriff zur Stabilisierung des Fahrzeuges durchführen.

[0015] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0016] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0017] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird in der

nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0018] Es zeigen, jeweils schematisch,

[0019] Fig. 1 eine stark vereinfachte Prinzipdarstellung eines mit dem erfindungsgemäßen Lenksystem ausgestatteten Kraftfahrzeuges,

[0020] Fig. 2 ein erstes Diagramm, das für ein erfindungsgemäßes Lenksystem den Verlauf eines Kopplungskoeffizienten in Abhängigkeit eines Betriebsparameters in einer Steer-by-Wire-Ebene und in einer Rückfallebene zeigt,

[0021] Fig. 3 ein Diagramm wie in Fig. 1, jedoch bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung.

[0022] Gemäß Fig. 1 besitzt ein im übrigen nicht näher dargestelltes Fahrzeug ein vom Fahrer zu betätigendes Lenkhandrad 1 sowie davon gesteuerte Fahrzeuglenkräder 2. Das Lenkhandrad 1 betätigt einen Sollwertgeber 3, dessen Signale die an den Fahrzeuglenkrädern 2 einzustellenden Lenkwinkel wiedergeben. Diese Sollwertsignale werden einem Sollwerteingang einer Steuerung 4 zugeleitet. Ein Istwerteingang der Steuerung 4 ist mit einem Istwertgeber 5 verbunden, dessen Signale die jeweiligen Istwerte des Lenkwinkels der Fahrzeuglenkräder 2 wiedergeben. In Abhängigkeit von einem Soll-Ist-Vergleich steuert die Steuerung 4 ein beispielsweise elektromotorisches Stellaggregat 6, welches mit den Fahrzeuglenkrädern 2 über ein herkömmliches Lenkgetriebe – beispielsweise Ritzel, Zahnstange, Spurstangen – antriebsmäßig verbunden ist und die Lenkbetätigung der Fahrzeuglenkräder 2 übernimmt. Im Ergebnis wird auf diese Weise der Istwert des Lenkwinkels der Fahrzeuglenkräder 2 dem Sollwert nachgeführt, der mittels des Lenkhandrades 1 am Sollwertgeber 3 eingestellt wird. Sollwertgeber 3, Steuerung 4, Istwertgeber 5 und Stellaggregat 6 bilden hierbei eine elektrische und/oder elektronische Kopplungseinrichtung, die in einer Steer-by-Wire-Ebene das Lenkhandrad 1 mit den Fahrzeuglenkrädern 2 koppelt.

[0023] Das Lenkhandrad 1 ist bei der hier dargestellten Ausführungsform außerdem antriebsmäßig mit einem Elektromotor 7 verbunden, der als Handkraftsteller dienen kann und dementsprechend eine am Lenkhandrad 1 fühlbare Handkraft steuert, so daß am Lenkhandrad 1 ähnlich wie bei einer herkömmlichen Fahrzeuglenkung mit mechanischem Durchtrieb zwischen Lenkhandrad 1 und Fahrzeuglenkrädern 2 eine Rückstellkraft sowie ein Stellwiderstand fühlbar sind.

[0024] Darüber hinaus ist eine mechanische Lenksäule 8 vorgesehen, die eine Zwangskopplung zwischen dem Lenkhandrad 1 und den Fahrzeuglenkrädern 2 ermöglicht. Dabei enthält diese Lenksäule 8 eine von der Steuerung 4 betätigbare Kupplung 9, die für die Steer-by-Wire-Ebene geöffnet ist und für eine Rückfallebene geschlossen werden kann. Lenksäule 8 und Kupplung 9 bilden somit eine mechanische Kopplungseinrichtung, die für den Notfall in der Rückfallebene das Lenkhandrad 1 mit den Fahrzeuglenkrädern 2 zwangskoppelt. Ebenso kann eine hydraulische Zwangskopplung zur Realisierung der Rückfallebene vorgesehen sein.

[0025] Die Steuerung 4 ist dabei so ausgebildet, daß sie im Normalbetrieb des Fahrzeuges das Lenksystem in seiner Steer-by-Wire-Ebene betreibt und dabei ständig das Lenksystem auf eine ordnungsgemäße Funktion seiner Bestandteile hin überwacht. Sobald die Steuerung 4 einen Notfall feststellt, schaltet sie in die Rückfallebene um, was durch das Schließen der Kupplung 9 bewirkt wird. In dieser Rückfallebene können je nach Notfall das Stellaggregat 6 oder der Elektromotor 7 als Servomotor zur Erzielung einer Servounterstützung betätigt werden.

[0026] Sowohl in der Steer-by-Wire-Ebene als auch in der Rückfallebene besitzt die Kopplung zwischen dem Lenkhandrad 1 und den Fahrzeuglenkrädern 2 wenigstens einen

Kopplungskoeffizienten  $k$ , der beispielsweise durch die Lenkübersetzung zwischen Lenkhendrad 1 und Fahrzeuglenkrädern 2 gebildet ist. Die Lenkübersetzung repräsentiert dabei das Verhältnis zwischen einer Lenkwinkeländerung am Lenkhendrad 1 und der damit gekoppelten Lenkwinkeländerung an den Fahrzeuglenkrädern 2. Ebenso kann der Kopplungskoeffizient z. B. durch die Servounterstützung gebildet werden, die zur Verminderung der vom Fahrzeugführer beim Einstellen und Halten eines Lenkwinkels am Lenkhendrad 1 aufzubringenden Kräfte und/oder Momente dient.

[0027] Entsprechend den Fig. 2 und 3 kann dieser Kopplungskoeffizient  $k$  einen funktionellen Zusammenhang bezüglich eines Betriebsparameters  $p$  des Fahrzeuges und/oder des Lenksystems aufweisen. Ein Betriebsparameter  $p$  des Fahrzeuges kann beispielsweise durch die Fahrzeuggeschwindigkeit oder die Fahrzeugbeschleunigung gebildet werden. Ein Betriebsparameter  $p$  des Lenksystems kann beispielsweise durch den Lenkwinkel oder die Lenkwinkelgeschwindigkeit gebildet sein.

[0028] In den Diagrammen der Fig. 2 und 3 ist jeweils zum einen der Verlauf eines der Steer-by-Wire-Ebene zugeordneten ersten Kopplungskoeffizienten  $k_I$  als Funktion  $k_I(p)$  des Betriebsparameters  $p$  und zum anderen der Verlauf eines der Rückfallebene zugeordneten zweiten Kopplungskoeffizienten  $k_{II}$  als Funktion  $k_{II}(p)$  des Betriebsparameters  $p$  dargestellt. Gemäß Fig. 2 besitzt der Kopplungskoeffizient  $k$  der Rückfallebene, also der zweite Kopplungskoeffizient  $k_{II}$  beispielsweise einen konstanten Wert, während der Kopplungskoeffizient  $k$  der Steerby-Wire-Ebene, also der erste Kopplungskoeffizient  $k_I$  einen mit zunehmendem Betriebsparameter  $p$  zunehmenden Wert aufweist. Die Verläufe  $k_I(p)$  und  $k_{II}(p)$  sind somit in Bezug auf den Betriebsparameter  $p$  unterschiedlich ausgestaltet, so daß die Kopplungskoeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  eine Differenz aufweisen können. Bei einem bestimmten Grenzwert  $p_0$  des Betriebsparameters  $p$  besitzen die beiden Koeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  eine Grenzdifferenz  $\Delta$ . Bei Betriebsparametern  $p$  kleiner als der Grenzwert  $p_0$ , also unterhalb des Grenzwerts  $p_0$  ist die Differenz zwischen den Kopplungskoeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  größer als die Grenzdifferenz  $\Delta$ . Erfindungsgemäß ist die Differenz zwischen den Kopplungskoeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  ab dem Grenzwert  $p_0$  des Betriebsparameters  $p$  kleiner als die Grenzdifferenz  $\Delta$ .

[0029] Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 bleibt die Differenz zwischen den Koeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  stets innerhalb eines mit einer geschweiften Klammer gekennzeichneten Bandes  $K$ , das sich oberhalb und unterhalb des Verlaufs  $k_{II}(p)$  des zweiten Koeffizienten  $k_{II}$  der Rückfallebene mit einem Abstand erstreckt, der der Grenzdifferenz  $\Delta$  entspricht.

[0030] Im Unterschied dazu nähern sich bei der Variante gemäß Fig. 3 die beiden Verläufe der Kopplungskoeffizienten  $k_I(p)$  und  $k_{II}(p)$  auch nach Überschreiten des Grenzwertes  $p_0$  des Betriebsparameters weiter aneinander an. Ab einem zweiten Grenzwert  $p_1$  des Betriebsparameters  $p_1$  weisen die beiden Koeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  den selben Verlauf auf.

[0031] Die Grenzdifferenz  $\Delta$  ist so gewählt, daß ein Umschalten zwischen der Steer-by-Wire-Ebene und der Rückfallebene stets zu einer regelmäßig beherrschbaren Fahrsituation führt. Die Grenzdifferenz  $\Delta$  kann beispielsweise auch den Wert Null einnehmen, so daß kein Unterschied zwischen den Kopplungskoeffizienten  $k_I$  und  $k_{II}$  besteht. Dies ist beispielsweise in Fig. 3 ab dem zweiten Grenzwert  $p_1$  der Fall. Sofern sich die Grenzdifferenz vom Wert Null unterscheidet, ist sie jedoch mindestens so klein gewählt, daß ein Sprung des Kopplungskoeffizienten  $k$  beim Umschalten zwischen der Steer-by-Wire-Ebene und der Rück-

fallebene zwar eine vom Fahrzeugführer am Lenkhendrad 2 spürbare Störung verursacht, jedoch liegt diese innerhalb eines üblichen Fahrbetriebes des Fahrzeuges zulässigen Toleranzbereichs. Auf diese Weise kann ein Umschalten zwischen der Steer-by-Wire-Ebene und der Rückfallebene keine kritische Fahrsituation auslösen.

[0032] Durch den Grenzwert  $p_0$  des Betriebsparameters  $p$  kann beispielsweise ein normaler Fahrbetrieb von einem Langsamfahrbetrieb, z. B. bis 50 km/h oder bis 30 km/h oder bis 15 km/h, oder von einem Rangierbetrieb getrennt werden.

[0033] Es ist klar, daß bei mehreren verschiedenen Kopplungskoeffizienten  $k$  die jeweils von demselben Betriebsparameter  $p$  abhängig sind, unterschiedliche Grenzwerte  $p_0$  und unterschiedliche Grenzdifferenzen  $\Delta$  vorgesehen sein können.

#### Patentansprüche

1. Lenksystem für ein Fahrzeug, mit einer von einem Fahrzeugführer betätigbaren Lenkhandhabe, z. B. Lenkhendrad (1), an der ein Lenkhandhaben-Winkel einstellbar ist, mit mindestens einem lenkbaren Fahrzeugrad (2), an dem in Abhängigkeit von Betätigungen der Lenkhandhabe (1) Fahrzeugrad-Winkel eingestellt werden, mit einer Steuerung (4), die einen Betrieb des Lenksystems in einer Steer-by-Wire-Ebene und in einer Rückfallebene ermöglicht und die zumindest im Notfall von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene umschaltet, mit einer elektrischen und/oder elektronischen Kopplungseinrichtung (3, 4, 5, 6), die in der Steer-by-Wire-Ebene die Lenkhandhabe (1) mit dem lenkbaren Fahrzeugrad (2) koppelt, mit einer hydraulischen und/oder mechanischen Kopplungseinrichtung (8, 9), die in der Rückfallebene die Lenkhandhabe (1) mit dem lenkbaren Fahrzeugrad (2) koppelt, wobei die Kopplung zwischen Lenkhandhabe (1) und lenkbarem Fahrzeugrad (2) in der Steer-by-Wire-Ebene in Abhängigkeit von wenigstens einem ersten Kopplungskoeffizienten ( $k_I$ ) und in der Rückfallebene in Abhängigkeit von wenigstens einem zweiten Kopplungskoeffizienten ( $k_{II}$ ) erfolgt, wobei die Kopplungskoeffizienten ( $k_I$ ,  $k_{II}$ ) jeweils als Funktion von wenigstens einem Betriebsparameter ( $p$ ) des Fahrzeuges und/oder des Lenksystems ausgebildet sind, wobei die Funktionen so ausgebildet sind, daß eine Differenz zwischen den Kopplungskoeffizienten ( $k_I$ ,  $k_{II}$ ) ab einem Grenzwert ( $p_0$ ) des Betriebsparameters ( $p$ ) kleiner ist als eine Grenzdifferenz ( $\Delta$ ).
2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Lenkübersetzung zwischen Lenkhandhaben-Winkel und Fahrzeugrad-Winkel und/oder eine Servounterstützung zur Verminderung der vom Fahrzeugführer beim Einstellen und Halten eines Lenkwinkels an der Lenkhandhabe (1) aufzubringenden Kräfte und/oder Momente jeweils einen Kopplungskoeffizienten ( $k$ ) bildet.
3. Lenksystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder die Fahrzeugbeschleunigung und/oder der Lenkwinkel jeweils einen Betriebsparameter ( $p$ ) bildet.
4. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzdifferenz ( $\Delta$ ) so klein gewählt ist, daß ein Sprung des Kopplungskoeffi-

zienten (k) beim Umschalten zwischen der Steer-by-Wire-Ebene und der Rückfallebene keine vom Fahrzeugführer spürbare Störung verursacht.

5. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzdifferenz ( $\Delta$ ) so klein gewählt ist, daß ein Sprung des Kopplungskoeffizienten (k) beim Umschalten zwischen der Steer-by-Wire-Ebene und der Rückfallebene eine vom Fahrzeugführer spürbare Störung verursacht, die innerhalb eines beim üblichen Fahrbetrieb des Fahrzeuges zulässigen Toleranzbereichs liegt.

6. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzdifferenz  $\Delta$  etwa oder genau den Wert Null aufweist.

7. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (4) beim Grenzwert ( $p_0$ ) des Betriebsparameters (p) unabhängig von einem Notfall von der Steer-by-Wire-Ebene in die Rückfallebene umschaltet.

8. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Grenzwerte ( $p_0$ ,  $p_1$ ) mit zunehmender Größe vorhanden sind, deren Grenzdifferenzen ( $\Delta$ ) mit abnehmender Größe zugeordnet sind.

9. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzwert ( $p_0$ ) des Betriebsparameters (p) einen Rangierbetrieb von einem Fahrbetrieb des Fahrzeuges trennt.

10. Lenksystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Lenksystem Mittel zur Durchführung von Lenkungseingriffen aufweist, die unabhängig vom Fahrzeugführer und abhängig von Fahrsituationen sowie zur Stabilisierung des Fahrzeuges erfolgen, wobei die Lenkungseingriffe ab dem Grenzwert ( $p_0$ ) des Betriebsparameters (p) so erfolgen, daß die Grenzdifferenz ( $\Delta$ ) zwischen den Kopplungskoeffizienten ( $k_1$ ,  $k_2$ ) eingehalten wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

40

45

50

55

60

65

